SPAMM-MRI를 이용한 척수공동증의 예후 평가

연세대학교 의과대학 신경외과학교실, 방사선과학교실*

김영수 · 김긍년 · 진병호 · 정태섭* · 윤도흠 · 조용은 · 진동규 · 김한성

= Abstract =

The Evaluation of Prognosis in Syringomyelia Using SPAMM(Spatial Modulation of Magnetization) -MRI

Young Soo Kim, M.D., Keung Nyun Kim, M.D., Byung Ho Jin, M.D., Tae Sub Chung, M.D.,* Do Heum Yoon, M.D., Yong Eun Cho, M.D., Dong Kyu Chin, M.D., Han Sung Kim, M.D.

Department of Neurosurgery, Radiology, Yongdong Severance Hospital, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea*

The clinical significance of cystic fluid motion in syringomyelia is uncertain. Because of its sensitivity to fluid motion, MR imaging was used to investigate fluid dynamics in syringomyelia by various techniques. SPAMM (Spatial Modulation of Magnetization) MRI is one of these techniques which shows the fluid motion of syrinx in syringomyelia. After taking preimaging pulse sequence, the MR images show periodic bands due to the magnetic modulation. Motion between the time of banding and image formation is directly demonstrated as a corresponding displacement of the bands. The authors evaluated 7 patients of syringomyelia due to various causes with SPAMM MRI technique and compared preoperative SPAMM MRI findings and clinical results, postoperative size of syrinx. Among 4 patients of syringomyelia with Arnold - Chiari malformation, 3 patients showed band shift representing fluid motion of syrinx on SPAMM MRI. Clinical results of these patients were good and the size of postoperative syrinx decreased. Three patients of posttraumatic or postmeningitic syringomyelia who did not show band shift on SPAMM MRI had poor clinical courses and the sizes of postoperative syrinx remained unchanged. These results indicate that SPAMM MRI may be useful in determining the type of treatment and predicting clinical results in syringomyelia.

KEY WORDS : Syringomyelia · Spatial modulation of magnetization · MRI · Fluid motion · Prognosis.

서 론

척수 공동증에서 자기공명촬영술은 척수 내의 공동의 모습을 직접 보여줄 뿐만 아니라 상하의 경계와 격벽의 모습도 보여줌으로써 가장 유용한 진단법으로 자리를 잡았다[4)7)8)]. 또한 자기공명촬영술은 후두와의 낭종이나 두부-경추 이행부의 기형을 잘 보여줄 수 있어 척수 공동증에 동반된 이상 소견을 함께 보여주고[3)4)], 척수 공동증의 치료 결과 관찰과 합병증 발생 유무를 확인 하는데 도움이 된다[8)9)14)16)]. 척수 공동증의 병태 생리에 대해서는 여러 가지 가설과 이를 뒷받침하는 임상적 또는 실험적 결과가 보고되고 있으나 아직 확실하게 정립되어 있지 않은 상태이다[1)8)11)15)20)]. 또한 척수 공동증에서 공동 내 유동(fluid motion)은 공동의 형성, 확장에 관여한다고 알려져 있으나 그 임상적 의의는 확실히 규명되어 있지 않은 상태이다. 최근 다양한 자기공명술 촬영 기법을 이용하여 뇌척수액 유동(CSF flow)을 측정하게 되었으며 이를 이용하여 척수공동증의 병태생리의 규명과 치료방침의 결정에 도움을 얻고자 하는 노력이 시도되고 있다[5)7)8)9)10)14)16)]. 저자들은 최근에 심장운동 연구와 혈류변화의 연구에 시도되어지고 있는 SPAMM(Spatial Modulation of Magnetization) MRI를 이용하여 척수 공동증 환자에서 공동 내 유동(fluid motion)을 확인하고 그 결과를 수술 전후의 임상 양상과 비교함으로써 SPAMM MRI의 유

용성을 알아보았다.

방법 및 대상

1. SPAMM(Spatial Modulation of Magnetization) MRI의 의미는?

자기공명영상 촬영시 미리 포화펄스(saturation pulse)를 준 후에 촬영하면 자기동조(magnetic modulation)에 의해 생긴 일정한 간격의 검은 띠(periodic dark band)가 영상에 겹쳐서 나타난다. 일정한 시간 간격을 두고 계속 촬영하면 검체내에 유동 물질이 있는 경우 그 시간동안 움직인 만큼 검은 띠가 움직여서 나타난다. 띠의 움직임 정도가 유동의 정도를 나타낸다. ECG에서 Q-wave에 tagging된 포화펄스를 준 후에 80mm sec 간격으로 자기공명영상을 촬영하여(Fig. 1) 16개의 영상을 얻을 수 있으며 이렇게 하여 얻은 영상이 SPAMM MRI이다. 공동 내에 유동물질이 있으면 띠가 움직여서 나타나고(Fig. 2-a), 유동물질이 없으면 띠의 움직임이 없다(Fig. 2-b).

대 상

1996년 11월부터 1997년 7월까지 본 교실에서 척수 공동증으로 진단받고 수술을 시행한 7명의 환자를 대상으로 수술 전 자기공명영상, SPAMM 자기공명영상을 촬영하였

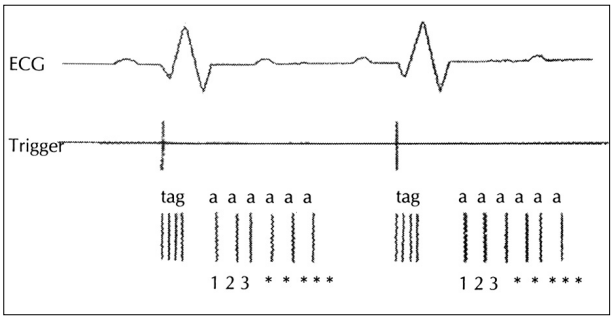

Fig. 1. SPAMM MRI is taken with 80mm second time interval after preimaging pulse which is tagged by Q-wave in ECG.

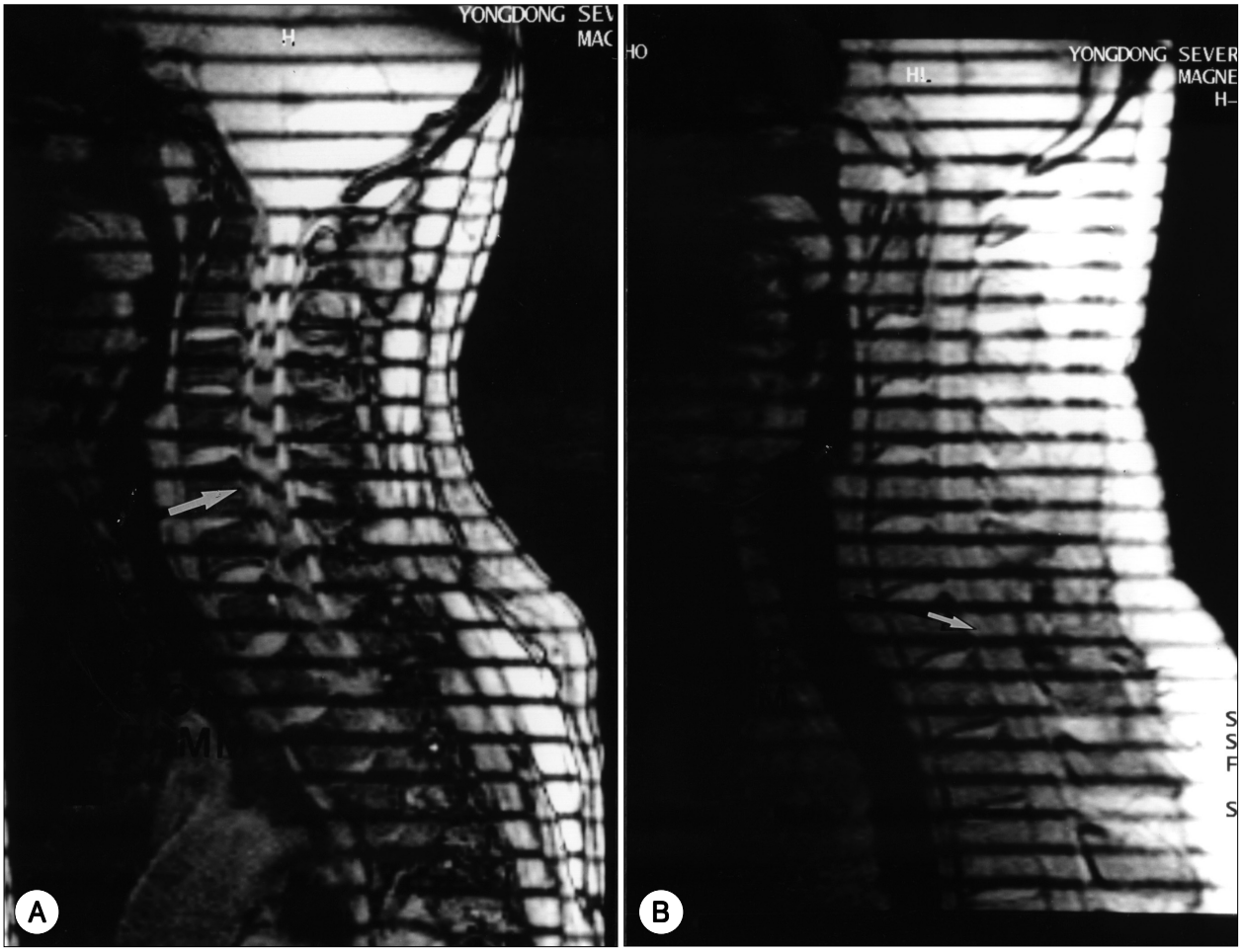

Fig. 2. The example of SPAMM MRI a) SPAMM MRI shows band shift(large arrow) which is representing fluid motion in syrinx. b) SPAMM MRI shows no band shift(small arrow) because fluid in syrinx is stationary.

Table 1. Case summary of 7 patients with syringomyelia

Case No.	Sex Age	Symptoms	Diagnosis	Treatment	SPAMM MRI	Post-op symptoms	Post-op MRI	Post-op SPAMM MRI
1	F/47	Both arm weakness, sensory chage	With Arnold-hiari malformation	Foramen magnum decompression	Band shift +	Impoved	Decreased size of syrinx	No band shift
2	F/ 32	Quadriparesis, sensory change	With Arnold-Chiari malformation	Foramen magnum decompression	Band shift +	Impoved	Decreased size of syrinx	Decreased band shift
3	M/23	Both arm weakness	With Arnold-Chiari malformation	Foramen magnum decompression	Band shift +	Impoved	Complete shrinkage o f syrinx	No band shift
4	F/28	Rt. arm pain, weekness	With Arnold-Chiari malformation	Foramen magnum decompression	Band shift +	Impoved	Decreased size of syrinx	No band shift
5	M/29	Both arm pain, weakness	Post-traumatic	Shunt revision s/p syringoperit-oneal shunt	Band shift –	Not improved	Slight decreased size of syrinx	No band shift
6	M/23	Quadriparesis	Post-meningitic	Shunt revision s/p syringoperit-oneal shunt	Band shift –	Not improved	No change	No band shift
7	M/28	Paraparesis	Post-meningitic	Syringoperitoneal shunt	Band shift –	Not improved	No change	No band shift

으며, 수술 후 2, 4, 8주에 자기공명영상, SPAMM 자기공명영상을 촬영하였다. 수술 전 SPAMM 자기공명영상의 띠의 움직임(band shift)에 따른 수술 후의 임상 양상의 변화, 자기공명영상에서의 공동의 크기 변화, SPAMM 자기공명영상에서의 띠의 움직임의 변화를 알아 보았다. 7명의 환자는 Arnold - Chiari 기형을 동반한 경우가 4예, 뇌막염 후에 발생한 경우가 2예, 척수 손상 후 발생한 경우가 1예였다.

결 과

1. 환자의 성별, 연령, 진단 및 치료

7명의 환자 중 남자가 4명 여자가 3명이었고, 나이는 28세부터 56세까지였다.진단은 병력, 증상, 신경학적 검사, 자기공명촬영으로 하였으며. 치료는 Arnold - Chiari기형을 동반한 경우는 대공감압술과 경막성형술을 시행했고, 뇌막염 또는 척수 손상후 발생한 경우는 공동복강간 단락술을 시행하였다(Table 1).

2. 척수 공동증의 원인 질환과 공동내 유동(fluid motion)의 관계

Arnold - Chiari 기형을 동반한 척수 공동증의 경우에는 4예 중 3예에서 SPAMM 자기공명영상에서 유동에 의한 띠의 움직임(band shift)이 나타났다. 뇌막염이나 척수 손상 후 발생한 3예에서는 모두 띠의 움직임이 없었다(Table 1). SPAMM 자기공명영상에서 띠의 움직임이 없었던 Arnold - Chiari 기형의 경우는 공동이 격벽에 의해 여러부분으로 분리(septation)되어 있는 양상을 보였다(Fig. 5).

3. 수술 전 SPAMM 자기공명영상의 띠의 움직임(band shift)과 수술 후 임상 양상의 변화

수술 전 SPAMM 자기공명영상에서 띠의 움직임이 있었던 3명의 환자는 수술 후 2개월 간의 추적 관찰기간 동안 3명 모두에서 수술 전 증상 중 한 가지 이상의 호전을 보였다(Table 1). 수술 전 SPAMM 자기공명영상에서 띠의 움직임이 없었던 4명의 환자 중 3명에서는 수술 후 증상의 호전이 없었고 수술 후 호전을 보인 한 명의 환자는 공동이 격벽에의해 분리 되어있던 환자였다(Table 1).

4. 수술 전 SPAMM 자기공명영상의 띠의 움직임 유무에 따른 수술 후 자기공명영상의 공동의 크기 변화 및 띠의 움직임의 변화

수술 전 SPAMM 자기공명영상에서 띠의 움직임이 있었던 3명의 환자는 수술 후 2, 4, 8주에 시행한 자기공명영상과 SPAMM 자기공명영상에서 공동의 크기가 현저히 감소하거나 완전한 소실을 보였고 띠의 움직임 역시 감소 또는 소실되었다(Table 1)(Fig. 3). 수술 전 띠의 움직임이 없었던 4명의 환자 중 2명에서는 수술 후 공동의 크기 변화가 없었고(Fig. 4) 한 명은 미약한 감소, 한 명은 현저한 감소를 보였다. 현저한 감소를 보인 한 명은 공동이 격벽에 의해 분리되어 있던 환자였다(Table 1).

고 찰

척수 공동증은 넓은 의미로써 척수 내에 공동을 갖는 질환으로 총체적으로 정의될 수 있다[13]. 공동은 척수 중심

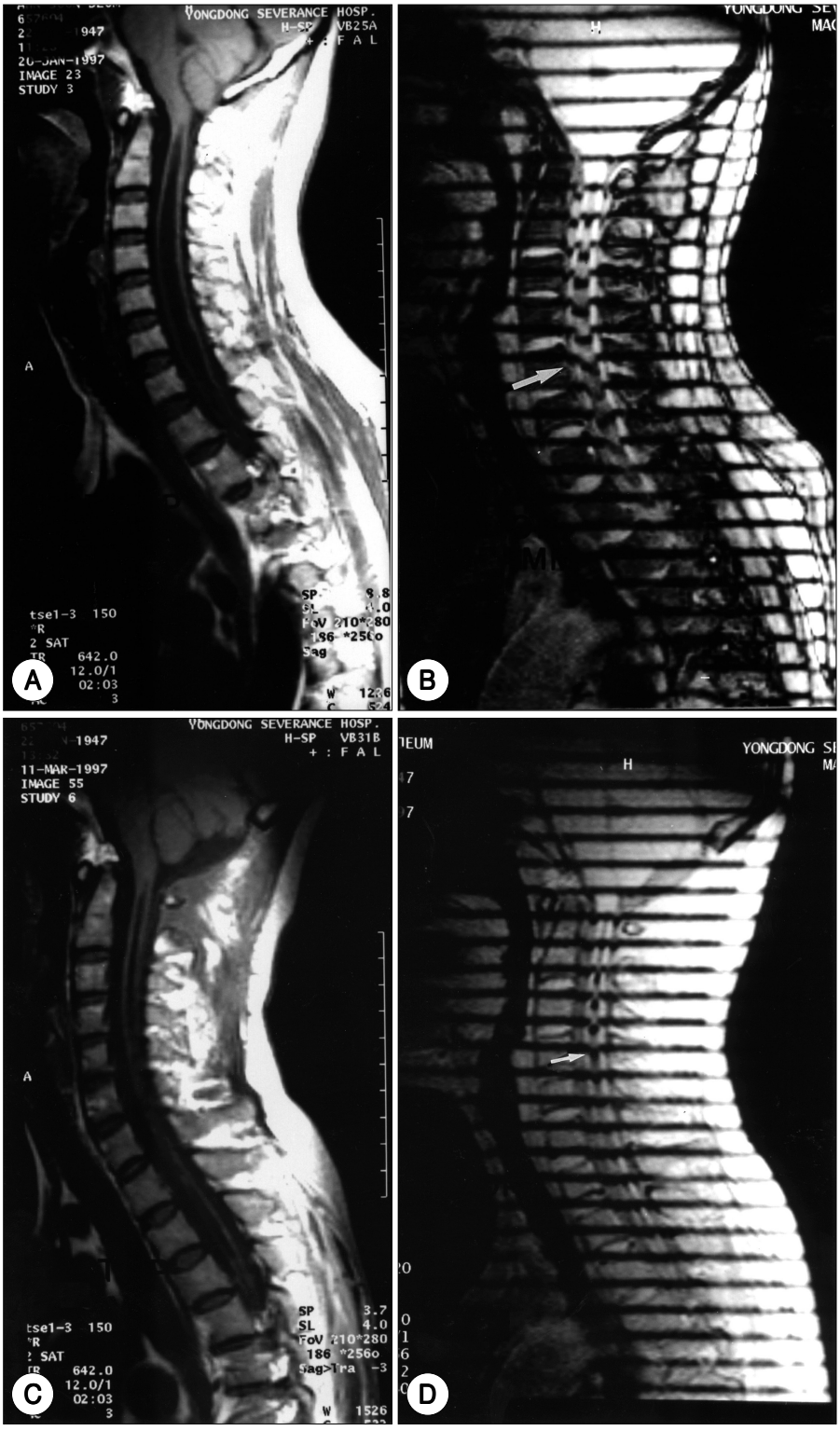

Fig. 3. A) Preoperative MRI showing large syrinx in cervical region with tonsilar herniation. B) Preoperative SPAMM MRI showing band shift(large arrow) in the syrinx. C) Postoperative MRI showing decreased size of syrinx with decompressed foramen magnum(post-op 2 months). D) Postoperative SPAMM MRI showing decreased band shift(small arrow) but still remained.

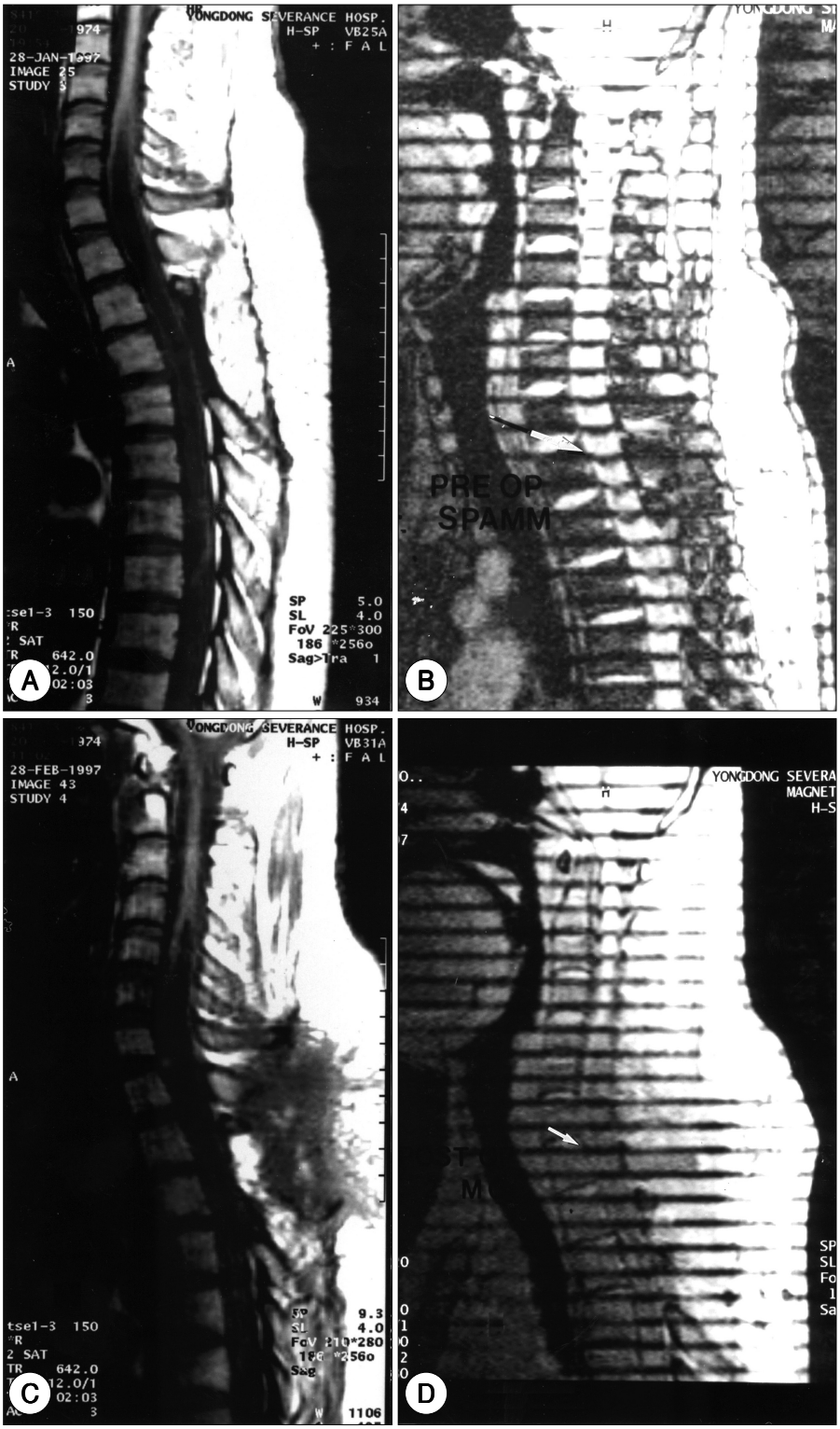

Fig. 4. A) Preoperative MRI showing syrinx in cervicothracic region with previous operation scar. B) Preoperative SPAMM MRI showing no band shift or minimal band shift(large arrow) in the syrinx. C) Postoperative MRI showing same size syrinx in cervicothoracic region as preoperative imaging(post-op 1 months). D) Postoperative SPAMM MRI showing no band shift(small arrow).

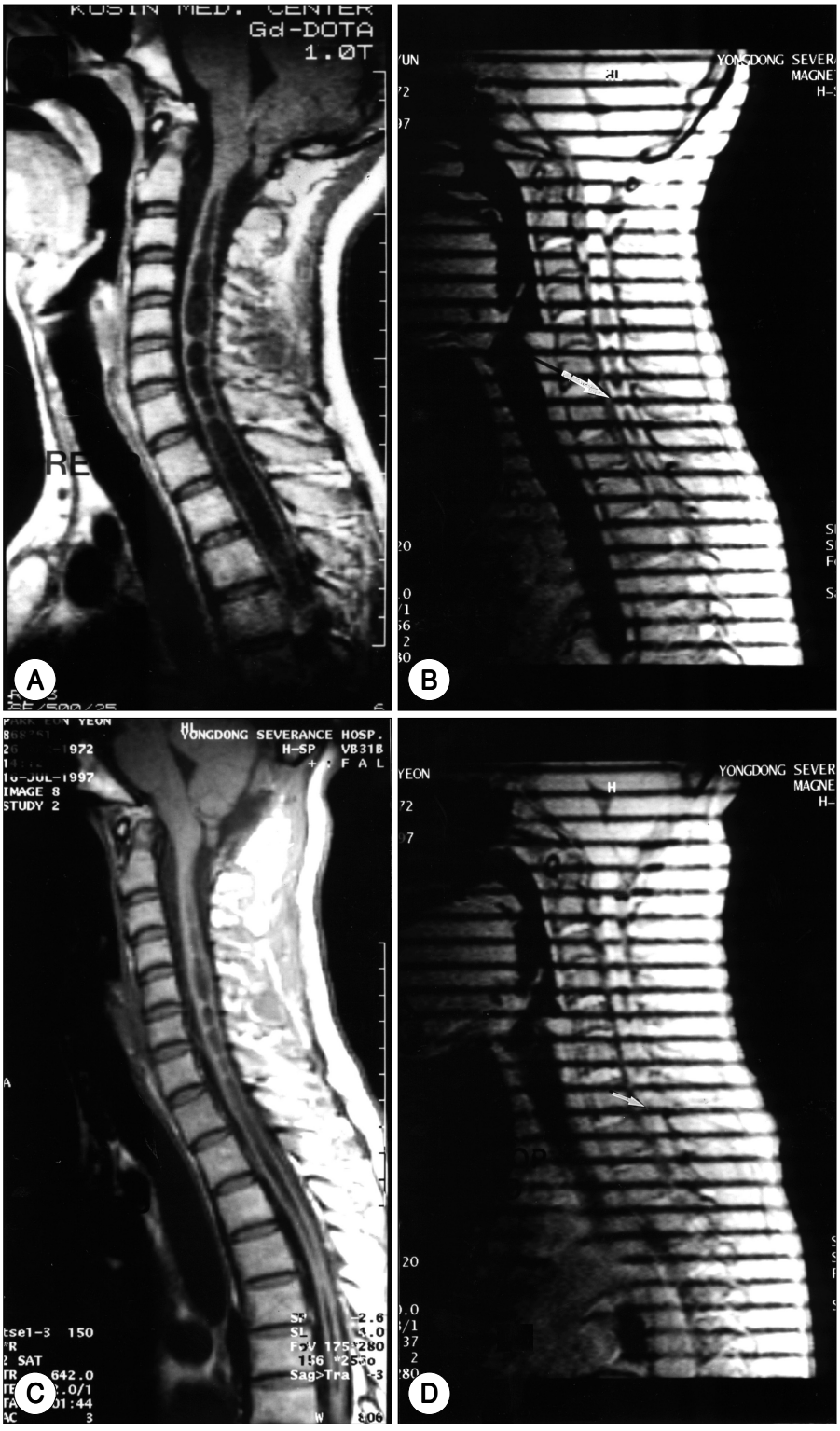

Fig. 5. A) Preoperative MRI showing large syrinx with multiple septation in cervicothoracic region with tonsilar herniation. B) Preoperative SPAMM MRI showing no band shift in the syrinx. C) Postoperative MRI showing decreased size of syrinx with decompressed foramen magnum(post-op 1 months). D)Postoperative SPAMM MRI showing no band shift as same as preoperative state(post-op 1 month).

과 연결될 수도 있고 분리 되어 있을 수도 있다[13]. 따라서 공동은 신경교세포에 둘러싸여 있거나, 상의신경교세포에 싸여 있기도 하다[13]. 척수 공동증의 발생기전 이나 공동의 확장기전에 대해서는 여러가지 가설이 제시되고 있고, 그것을 뒷받침하는 임상적, 방사선학적 또는 실험적 증거들이 제시되고 있으나 아직도 명확히 밝혀져 있지 않다[1)8)11)15)20)].

Gardner는 제4뇌실 출구의 폐쇄와 중심관과의 지속적 연결, 수축기 박동에 의한 뇌척수액의 중심관으로의 이동(water - hammer effect)이 척수 공동증의 발생 기전으로 설명하였다[10)11)12)]. Williams는 기침, 재채기 시에 일시적으로 두개내압이 상승하고, 대공부의 부분적 폐색으로 인한 두개 - 척수압의 해리 현상이 척수 공동증의 원인으로 설명하였다(cranio - spinal dissociation theory)[19)20)21)]. Oldfield 등은 두 가설의 모순점을 설명하면서 심장 수축기압과 대공의 폐색으로 인한 상경추부 지주막하강의 압력 상승에 따른 척수액의 이동이 척수 공동증의 원인으로 설명하였다[15)]. 현재까지의 실험적, 임상적 연구 결과 지주막하강의 폐쇄와 이에 따른 척수액의 순환 장애가 척수공동증의 한 원인이 될 수 있으며 이에 따른 공동 내 척수액의 이동이 공동의 확장에 관여한다고 알려졌다.

척수의 자기공명술은 척수공동증의 진단에 가장 중요한 역할을 하며 공동을 정확히 보여주며 공동의 크기, 동반 질환, 공동의 내용물을 잘 보여준다[4)7)8)]. 최근에는 다양한 자기공명술의 발달로 뇌척수액의 유체역학(flow dynamic)을 정성적, 정량적으로 보여주게 되었다[5)7)8)9)14)16)]. 1986년 Sherman은 자기공명영상을 이용하여 척수강내의 척수액의 맥동(pulsation)을 최초로 보고하였다[17)]. 1987년 Enzmann은 횡단면 T2 - weighted 영상을 이용하여 척수공동증에서 공동내 유동(fluid motion)을 보여주면서 임상양상과 수술전후의 변화를 보고하였다[6)]. 1988년 Quencer와 Post는 phase - contrast cine MR을 이용하여 뇌척수액의 유동을 정량적으로 보여 주었다[16)]. 본 연구에서 저자들은 SPAMM(Spatial Modulation of Magnetization) 기법을 이용하여 공동 내의 유동을 관찰하였다. SPAMM 기법은 ECG에 tagging된 포화펄스(saturation pulse)를 준 후에 자기공명영상을 촬영하면 자기동조(magnetic modulation)에 의해 생긴 일정한 간격의 검은 띠가 영상에 겹쳐서 나타난다[2)]. 이때 검체 내에 움직임이 있는 물질이 있으면 띠가 형성된 시간과 영상을 만든 시간 간격 만큼 띠가 움직여서 나타난다. 따라서 띠의 움직임이 나타나면 검체 내에 움직임이 있는 물질이 있음을 알 수 있으며 띠의 움직임의 정도가 유동의 정도를 나타낸다. 이 방법은 심실 벽의 운동이나 혈류의 연구, 또는 뇌척수액의 유체역학을 연구하는데 이용될 수 있다[2)]. 본 연구에서 저자들은 이 방법을 척수공동증에서 공동 내 유동을 보는데 이용하였다.

Enzmann은 공동의 유동은 척수 공동증의 원인과는 상관관계가 없으며 공동의 크기가 클수록 현저하였고, 수술 후 유동의 감소는 성공적 치료의 한 지표가 될 수 있다고 하였다[6)]. 1996년 Asano등은 외상성 척수공동증 환자에서 T2 - weighted 영상에서 flow - void sign이 보인 경우 단락술에 좋은 경과를 보였고 flow - void sign이 없었던 경우는 수술 후 좋지 않은 경과를 보였다고 하면서 flow - void sign은 공동 내 유동을 반영한다고 하였다[1)]. Tanghe는 19명의 척수 공동증 환자의 자기공명영상 결과를 분석하면서 공동내 유동은 맥동성의 성질을 가지며, 주위 지주막하강의 척수액의 움직임과 밀접한 관련을 갖는다고 하였다. 또한 공동내 유동은 수축기(systolic) 성분과 이완기(diastolic) 성분을 갖고 있으며 수축기 때는 cranio - caudal의 방향성을 갖고, 이완기 때는 caudo - cranial의 방향성을 갖는다고 하였다. 공동내 유동은 일정한 방향성을 갖지만 격벽(septum)이 있는 경우 격벽 주위에서는 난류(turbulent flow)가 형성된다고 했고, 수술 후 공동의 크기가 감소 함에 따라 유동이 줄어 들고 결국은 정지 된다고 했다[18)]. 본 연구에서 7명의 환자는 Arnold - Chiari기형을 동반한 경우가 4명, 뇌막염 후에 발생한 경우가 2명, 척수 손상 후 발생한 경우가 1명이었다. 이 중 Chiari기형을 동반한 4명 중 3명에서 SP - AMM 자기공명영상에서 띠의 움직임을 보였으며 뇌막염이나 척수 손상 후 발생한 3명에서는 움직임이 없었다. Arnold - Chiari기형을 동반했으나 띠의 움직임이 없었던 한 환자는 공동이 격벽에 의해 작은 공동으로 분리되어 있었다. 이 결과는 Enzmann의 결과와 달리 공동의 유동이 척수 공동증의 원인과 관계가 있음을 보여 주는 것으로 생각된다. 또한 Arnold - Chiari 기형을 동반하고 격벽에 의해 공동이 분리되어있던 예는 Enzmann의 결과처럼 공동의 크기가 작아서 유동이 안 나타날 수도 있고 아니면 Tanghe의 주장처럼 격벽 주위에서 난류가 형성되어 유동이 없는 것처럼 보일 수도 있다고 생각된다. SPAMM 자기공명영상의 띠의 움직임과 수술 후의 임상 경과를 보면 움직임이 있었던 3명은 수술 후 증상의 호전이 있었고, 자기공명영상에서 공동 크기도 현저한 감소를 보인 반면 움직임이 없었던 4명 중 3명에서는 증상의 호전이 없었고, 공동의 크기도 변화가 없거나 미약한 감소를 보였다. 수술 후 단기간 동안의 추적 관찰이었고 수술 방법도 달라 단순한 비교는 어려움이 있지만 수술 후 증상의 호전이 있었고 공동의 크기가 감소한 전 예에서 수술 후 SPAMM 자기공명영상에서 띠의 움직임이 소실 또는 현저한 감소를 보인 것은 띠의 움직임이 임상양상

과 관련되어 있음을 보여주는 것이다. 이 결과는 Enzmann 이나 Asano가 보고한 공동 내 유동이 수술 후 임상 증상의 호전과 관계있다는 보고와 일치하는 것이다. 따라서 척수 공동증 환자에서 SPAMM 자기공명영상은 치료의 대상을 결정하고 치료 결과를 예측하는데 유용한 방법으로 생각된다. 향후 SPAMM 자기공명영상은 다양한 원인에 의한 척수 공동증에서 공동내의 유동의 변화를 비교하고 지주막하강의 척수액의 움직임과의 상관성을 봄으로써 척수 공동증의 원인과 병태 생리를 밝히는데 도움이 될 것이다.

결 론

저자들은 본 교실에서 척수 공동증으로 진단받고 수술을 시행한 7명의 환자를 대상으로 SPAMM 자기공명영상을 이용하여 공동 내 유동(fluid motion)의 유무와 수술 후 임상 양상의 변화를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 공동 내 유동이 있어 SPAMM 자기공명영상에서 띠의 움직임(band shift)을 보인 경우는 수술 후 임상 증상도 호전되고 공동의 크기도 감소하는 좋은 경과를 보였다. 반면 공동 내 유동이 없어 SPAMM 자기공명영상에서 띠의 움직임이 없었던 경우는 수술 후 임상 증상의 호전이 없었고 공동의 크기도 줄어들지 않는 경과를 보였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 척수 공동증 환자에서 SPAMM 자기공명영상은 치료의 대상을 결정하고 결과를 예측하는데 유용하였다.

● 논문접수일 : 1998년 5월 29일
● 심사완료일 : 1998년 7월 6일
● 교신저자 : 김 긍 년
135 - 270 서울 강남구 도곡동 146 - 92
연세대학교 의과대학 신경외과학교실
전화 : 02) 3497 - 3390, 전송 : 02) 3461 - 9229

References

1) Asano M, Fusiwara K, Yonenobu K, et al : *Post-traumatic syringomyelia. Spine 21 : 1446-1453, 1996*
2) Axel L, Dougherty L : *MR imaging of motion with spatial modulation of magnetization. Radiology 171 : 841-845, 1989*
3) Banna M : *Syringomyelia in associated with posterior fossa cyst. AJNR 9 : 867-873, 1989*
4) Barkovich AJ, Sherman JL, Citrin, et al : *MR of postoperative syringomyelia. AJNR 8 : 319-327, 1987*
5) Bradley WG, Nitz W : *CSF velocity imaging in the spine. In: Hasso, Stark (eds) Cartegorical course syllabus : spine and body MRI of American Rntgen Ray Society, 90th Annual Meeting, 5-10 May, 1991*
6) Enzmann DR, O'Donohue J, Rubin JB, et al : *CSF pulsations within nonneoplastic spinal cord cysts. AJNR 149 : 149-157, 1987*
7) Enzmann DR : *Syringomyelia. in Enzmann DR, De La Paz RL, Rubin JB (eds) Magnetic resonance of the spine. Mosby, St Louis, 1990*
8) Enzmann DR : *Imaging of syringomyelia, in Batzdorf U (ed) : Syringomyelia : Current Concepts in Diagnosis and treatment. Baltimore: Williams & Wilkins, 1991, pp116-139*
9) Enzmann DR, Pelc M : *Normal Flow patterns of intracranial and spinal cerebrospinal fluid defined with phase-contrast cine MR imaging. Radiology 178 : 467-474, 1991*
10) Gardner WJ, Goodall RJ : *The surgical treatment of Arnold-Chiari malformations in adults. An explanation of its machanism and importance of encephalography in diagnosis. J Neurosurg 7 : 199-206, 1950*
11) Gardner WJ, Anjel J : *The cause of syringomylia and its surgical treatment. Cleve Clin Q 25 : 4-8, 1958*
12) Gardner WJ : *Hydrodynamic factors in Dandy-Walker and Arnold-Chiari malformations Childs Brain 3 : 200-212, 1977*
13) Greenfield JG, Blackwood W, McMenemy WH, et al : *Neuropathology. London : Edward Arnold Ltd, 1958, p115*
14) Levy LM, DI Chiro G : *MR phase imaging and cerebrospinal flow in the head and spine. Neuroradiology 5 : 399-406, 1990*
15) Oldfield EH, Muraszko K, Shawker TH, et al : *Pathophysiology of syringomyelia associated with Chiari I malformation of the cerebellar tonsils : Implications for diagnosis and treatment. J Neurosurg 80 : 3-15, 1994*
16) Quencer RM, Post MJD, Hinks RJ, et al : *Cine MR in the evaluation of normal and abnormal CSF flow : intracranial and intraspinal studies. Neuroradiology 32 : 371-391, 1990*
17) Sherman JL, Barkovich AJ, Citrin CM : *The MR appearance of syringomyelia : New observations. AJNR 7 : 985-995, 1986*
18) Tanghe HLJ : *Magnetic Resonance Imaging (MRI) in Syringomyelia. Acta Neurochir (Wien) 134 : 93-99, 1995*
19) Williams B : *The distending force in the production of communicating syringomyelia. Lancet 2 : 189-193, 1969*
20) Williams B : *On the Pathogenesis of syringomyelia : a review. J R Soc Med 73 : 798-806, 1980*
21) Williams B : *Pathogenesis of syringomyelia, in Batzdorf U (ed). Syringomyelia : Current concepts in Diagnosis and Treatment. Baltimore : Williams & Wilkins, 1991, pp59-90*